


06-18-08

PTO/SB/21 (09-04)

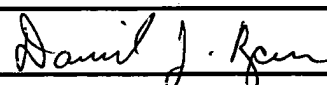
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031

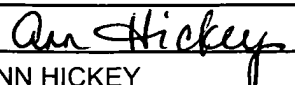
U.S. Patent and Trademark Office: U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

	Application Number	10/539,939
	Filing Date	June 17, 2005
	First Named Inventor	Marc De Vogelaere
	Art Unit	1795
	Examiner Name	William T. Leader
Total Number of Pages in This Submission	Attorney Docket Number	2002P06474WOUS

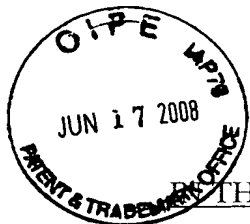
ENCLOSURES (check all that apply)		
<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form <input type="checkbox"/> Fee Attached <input type="checkbox"/> Amendment / Reply <input type="checkbox"/> After Final <input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s) <input type="checkbox"/> Extension of Time Request <input type="checkbox"/> Express Abandonment Request <input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement <input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s) <input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts/Incomplete Application <input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts under 37 CFR1.52 or 1.53	<input type="checkbox"/> Drawing(s) <input type="checkbox"/> Licensing-related Papers <input type="checkbox"/> Petition <input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application <input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation Change of Correspondence Address <input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer <input type="checkbox"/> Request for Refund <input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) ____ <input type="checkbox"/> Landscape Table on CD	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to TC <input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences <input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief) <input type="checkbox"/> Proprietary Information <input type="checkbox"/> Status Letter <input checked="" type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below): 1) Return Receipt Postcard 2) Verified Copy of English Translation of German Priority Document with Statement that it is true and accurate translation
<b>Remarks</b> Certified Priority Document DE 102 59 361.2 and Verified Copy of English Translation with Statement that it is a true and accurate english translation are being filed.		

SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT			
Firm	SIEMENS		
Signature			
Printed Name	DANIEL J. RYAN		
Date	JUNE 17, 2008	Reg. No.	61,232

CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING			
I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below.			
Signature			
Typed or printed name	ANN HICKEY	Date	JUNE 17, 2008

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 12 minutes to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.



THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application No. :

U.S. National Serial No. :

Filed :

PCT International Application No. : PCT/DE2003/003954

VERIFICATION OF A TRANSLATION

I, the below named translator, hereby declare that:

My name and post office address are as stated below;

That I am knowledgeable in the German language in which the below identified international application was filed, and that, to the best of my knowledge and belief, the English translation of the international application No. PCT/DE2003/003954 is a true and complete translation of the above identified international application as filed.

I hereby declare that all the statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the patent application issued thereon.

Date: June 13, 2008

Full name of the translator :

Neil Thomas SIMPKIN

For and on behalf of RWS Group Ltd

Post Office Address :

Europa House, Marsham Way,  
Gerrards Cross, Buckinghamshire,  
England.

Description

Method and apparatus for filling material separations at a surface

The invention relates to a method and an apparatus for filling material separations in accordance with the preamble of claims 1 and 17, respectively.

Material separations at an inner and/or outer surface of a component - for example comprising a substrate or a layer - such as for example cracks, drilled holes or manufacturing-related, operationally induced notches, often have to be closed up again by welding or soldering processes. These methods use high temperatures in the vicinity of the material separation which is to be filled, leading to thermal stresses in the substrate/layer of a component, which can lead to cracks. The material which is used in the welding or soldering processes to fill the material separation often has a considerably reduced mechanical strength compared to the material of the substrate, with the result that the ability of the component to be repaired is limited.

Therefore, it is an object of the invention to provide a method and an apparatus for filling material separations in which the abovementioned drawbacks are overcome.

The object is achieved by a method and an apparatus in accordance with claims 1 and 17, respectively.

Further advantageous refinements of the method and apparatus according to the invention are listed in the subclaims.

Exemplary embodiments are shown in the figures, in which:

Figure 1 shows an apparatus which is used to carry out the method according to the invention,

Figure 2 shows a crack which is filled in steps, and

Figure 3 shows a time profile for a current between substrate and electrode,

Figure 4 shows a further time profile for a current between substrate and electrode, and

Figure 5 shows a widened material separation.

Figure 1 shows an apparatus 40 according to the invention which is used to carry out the method according to the invention. Material is introduced into a material separation 4 in a substrate 1 or a layer 1 extending from a surface 2 in an electrolytic process at low temperatures, for example lower than 100°C.

The substrate 1 with its material separation 4 is electrically connected to an electrode 7, which together are arranged in an electrolyte 10 which is present in a vessel 46. There is an electric voltage source 25 between the electrode 7 and the substrate 1, so that an electric current can flow.

The electrolyte 10 contains the material which is introduced into the material separation 4. The solution of the electrolyte 10 may include constituents of the composition of the substrate 1 in the form of particles and/or ions.

The process of the method according to the invention can take place at room temperature or low temperatures, which means that prior to use of the method according to the invention the substrate 1 can have a suitable mask (waxes,

polymers) applied to it in a simple way at the locations at which coating is not desired, and can thus be protected against being coated.

The use of a flow of current which varies over the course of time makes it possible to effect targeted deposition of the constituents, for example an alloy, from the electrolyte 10 into the material separation 4 of the component 1.

Required materials properties can be set, for example, by a subsequent heat treatment, as is necessary, for example, for nickel-base and cobalt-base superalloys for turbine blades and vanes in order to obtain the desired  $\gamma$ - $\gamma'$  precipitations or to achieve a phase change or phase adjustment.

The deposition of material of the same or a similar type to the material of the substrate 1, in the form of particles and/or ions, results in a significantly improved strength than with soldering or welding processes, since in the latter cases, constituents which are foreign to the substrate penetrate into the material separation 4 as a result of the soldering or welding additions. This is not the case when using electrolytic deposition.

In this case, material of the substrate 1 or layer 1 or material which has similar properties can be used.

The deposition process in the material separation 4 can optionally be improved by additional ultrasound excitation by means of at least one ultrasound probe 19, which is operated by an ultrasound source 22, in the electrolyte 10. The ultrasound excitation inter alia effects continuous mixing of the electrolyte 10, so that there are no inhomogeneities in the electrolyte 10 and its constituents. Furthermore, porous parts of a layer formed by the filling material are cavitationaly removed by the effect of the ultrasound waves.

A further improvement of the method can preferably be achieved by the use of pulsed currents.

Furthermore, the method can be improved by an eddy-current probe 16 being arranged in the region of the material separation 4, for example being placed on top of it, producing a corresponding interaction volume 28 in the substrate 1 around the material separation 4, i.e. the interaction volume 28 is mechanically excited, i.e. generates oscillations in the substrate 1.

The eddy-current probe 16 surrounds, for example, the opening 43 of the material separation 4 at the surface 2 toward the electrolyte 10, but does not cover this opening. The eddy-current probe 16 is operated by a controllable eddy-current generator 13. The depth of penetration  $\delta$ , i.e. the depth to which the interaction volume 28 extends into the substrate 1 from the surface 2, is given by the following formula:

$$\delta = \frac{503}{\sqrt{f\sigma\mu_r}}$$

in which  $f$  is the frequency of the eddy-current,  $\sigma$  is the conductivity of the substrate 1 and  $\mu_r$  is the permeability constant of the substrate/layer 1.

Therefore, the depth of penetration  $\delta$  and the interaction volume 28 can be set by means of the frequency  $f$ .

Figure 2 shows how a first material separation 4 in a substrate 1 can be filled in an improved way.

First of all, a region M1 in the region of the end 34 of the crack is surrounded, by suitable selection of the frequency  $f_1$ , so that the interaction volume 28 surrounds the region M1 while M1 is being filled.

In a second step, a second region M2 is filled with material, with the frequency  $f_2$  being selected in such a way that the interaction volume 28 only extends as far as the region M1 which has previously been filled or if appropriate only partially surrounds it.

Further regions M3, M4, ... as far as a surface 2 are filled with material by continuously increasing the frequency ( $f_3$ ,  $f_4$ , ...).

Of course, it is also possible for the frequency  $f$  to be continuously matched to the remaining depth of the material separation.

Taking account of the altered conductivity in the interaction volume 28, automatic control of the process is possible, since the filling material in the material separation 4 changes the conductivity of the substrate 1 in the interaction volume 28, which is measured and used for control purposes.

Figure 3 shows a time profile of the current of the voltage source 25. This may be formed from currents which are pulsed or varied over the course of time and can be repeated periodically.

The current is primarily composed of cathode components (substrate 1) and anode components (electrode 7). The pulse duration  $t_{on}$  during which a current  $I$  is flowing, the interpulse period  $t_{off}$  between the pulses 40 and a maximum intensity of the current  $I_{max}$  can be varied. It is also possible to alter the shape 37 of the current signal. All the parameters ( $I_{max}$ ,  $t_{off}$ ,  $t_{on}$ , ...) may be a function of time and can be repeated periodically in order to optimize the method.

An alloy (for example NiAl) is deposited by the individual constituents alternately being deposited to an increased extent.

By way of example, for each individual alloying constituent Ni, Al there are different optimum parameters ( $I_{\max}$ ,  $t_{\text{off}}$ ,  $t_{\text{on}}$ , ...), which means that, for example, a first current pulse 40 is optimum for the element nickel (ion in the electrolyte 10) and the second,



subsequent current pulses 40 are optimum for aluminum. Even during the current pulse which is matched to one element, the other element is still being deposited, albeit to a lesser extent.

The pulses are constantly repeated, so that the constituents of the alloy are optimally mixed.

The proportion by weight of one alloying constituent in the material separation can be set by means of the pulse duration.

Figure 4 shows an example of a series of current pulses 40 which are repeated.

A sequence 34 comprises at least two blocks 77. Each block 77 comprises at least one current pulse 40.

A current pulse 40 is characterized by its duration  $t_{on}$ , the intensity  $I_{max}$  and its shape 37 (square-wave, delta-wave, ...). The interpulse periods between the individual current pulses 40 ( $t_{off}$ ) and the interpulse periods between the blocks 77 are equally important process parameters.

The sequence 34 comprises, for example, a first block 77 of three current pulses 40, between each of which there is an interpulse period. This is followed by a second block 77, which has a higher current intensity and comprises six current pulses 40. This is followed, after a further interpulse period, by four current pulses 40 in the reverse direction, i.e. with a changed polarity.

The sequence 34 is concluded by a further block 77 of four current pulses.

The sequence can be repeated a number of times.

The individual pulse times  $t_{on}$  are preferably of the order of magnitude of approximately 1 to 10 milliseconds. The total duration of the block 77 is of the order of magnitude of up to 10 seconds, which means that up to 500 pulses are emitted in one block 77.

It is optionally possible to apply a low potential (base current) both during the pulse sequences and during the interpulse periods.

This prevents the electrodeposition from being interrupted, which can cause inhomogeneities.

The parameters of a block 77 are matched to one constituent of an alloy which is to be deposited, for example in order to optimize the deposition of this constituent. These parameters can be determined in individual tests. By way of example, the level of the constituents of the alloy in the layer to be applied can be defined by the duration of the individual blocks 77 in order, for example, to produce gradients in the layer. This is done by correspondingly lengthening or shortening the duration of the block 77 which is optimally matched to one constituent of the alloy.

Figure 5 shows a widened material separation 4.

To improve the deposition, the material separation 4 is widened before being filled. This can be done by drilling, EDM or other methods in order, for example, to increase the diameter.

The dashed line shows the material separation 4 prior to the widening.

Patent Claims

1. A method for filling material separations at a surface of a substrate or a layer, characterized in that the material separation (4) is filled electrolytically in a first method step, with one or more eddy-current probes (13), which generate oscillations in the region around the material separation (4), being used in the region of the material separation (4).
2. The method as claimed in claim 1, characterized in that the substrate (1) or the layer (1) is electrically connected to an electrode (7), substrate or layer (1) and electrode being arranged in an electrolyte (10), and in that a current between substrate (1) and electrode (7) can be varied over the course of time.
3. The method as claimed in claim 2, characterized in that the current is pulsed.
4. The method as claimed in claim 2 or 3, characterized in that the parameters of the current (maximum current intensity ( $I_{\max}$ ), interpulse period ( $t_{\text{off}}$ ) and pulse duration ( $t_{\text{on}}$ ) and pulse shape (37)) are matched to the electrolyte (10).

5. The method as claimed in claim 2, characterized in that at least one ultrasound probe (19) is operated in the electrolyte (10).

6. The method as claimed in claim 1, characterized in that the frequency (f) of the eddy-current probe (16) is varied during the method.

7. The method as claimed in claim 6, characterized in that the frequency (f) is matched to the depth of the material separation (4).

8. The method as claimed in claim 2, characterized in that the electrolyte (10) includes material of the same type or a similar type to the material of the substrate (1) or the layer (1).

9. The method as claimed in claim 1, characterized in that the material separation (4) is widened in a first method step.

10. The method as claimed in claim 1, characterized in that a current/voltage pulse (40) is used for the electrolytic deposition, with both positive and negative current/voltage pulses (40) being used.

11. The method as claimed in claim 1, characterized in that a plurality of repeated current/voltage pulses (40) which are combined in a sequence (34) are used for the electrolytic deposition, the sequence (34) of at least two different blocks (77) being used, with a block (77) comprising at least one current pulse (40).

12. The method as claimed in claim 11, characterized in that a block (77) is determined by a number of current pulses (40), pulse duration ( $t_{on}$ ), interpulse period ( $t_{off}$ ), current intensity ( $I_{max}$ ) and pulse shape (37).

13. The method as claimed in claim 11, characterized in that a block (77) is in each case matched to a constituent of an alloy, in order to boost the deposition of this constituent of the alloy.

14. The method as claimed in claim 1, characterized in that an alloy of the type MCrAlY is deposited, in which M is an element selected from the group consisting of iron, cobalt or nickel.

15. The method as claimed in claim 11, characterized in that gradients are produced in the material composition within the material separation (4).

16. The method as claimed in claim 3 or 11, characterized in that a base current is superimposed on the current pulses (40) and/or the interpulse periods.

17. An apparatus for filling material separations at a surface of a substrate or a layer, characterized in that the apparatus (40) includes  
a vessel (46) containing an electrolyte (10),  
a voltage source (25),  
at least one electrode (7) and  
at least one eddy-current probe (16),  
which can be placed on the substrate (1) or layer (1).

18. The apparatus as claimed in claim 17, characterized in that the apparatus (40) has at least one ultrasound probe (19) which is arranged in the electrolyte (10).



FIG 1

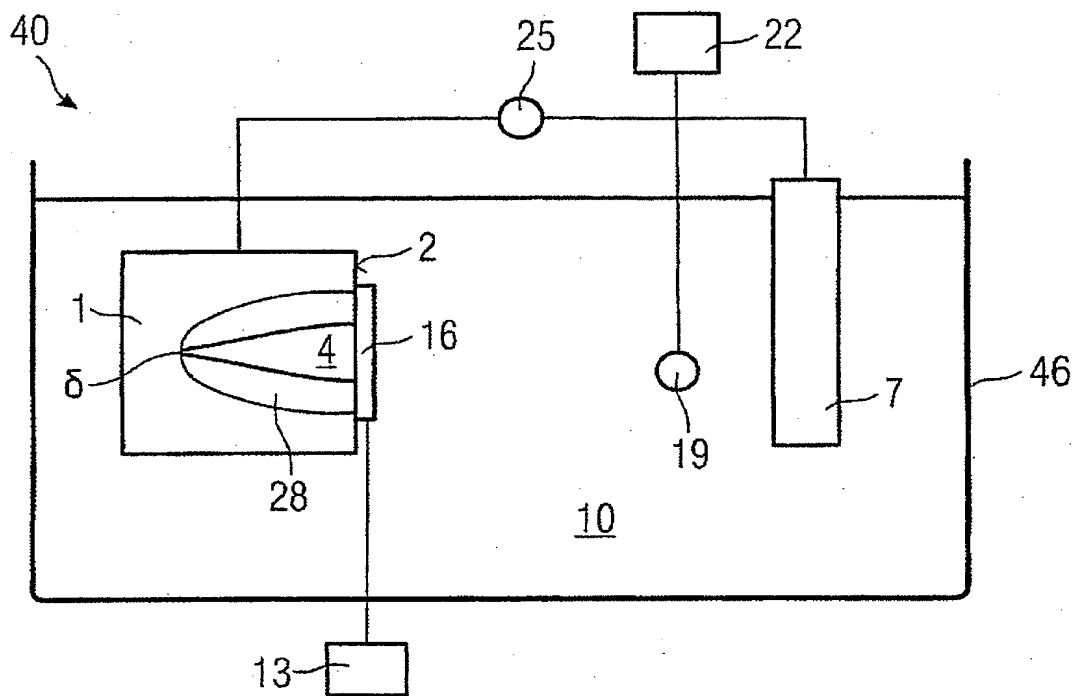


FIG 2

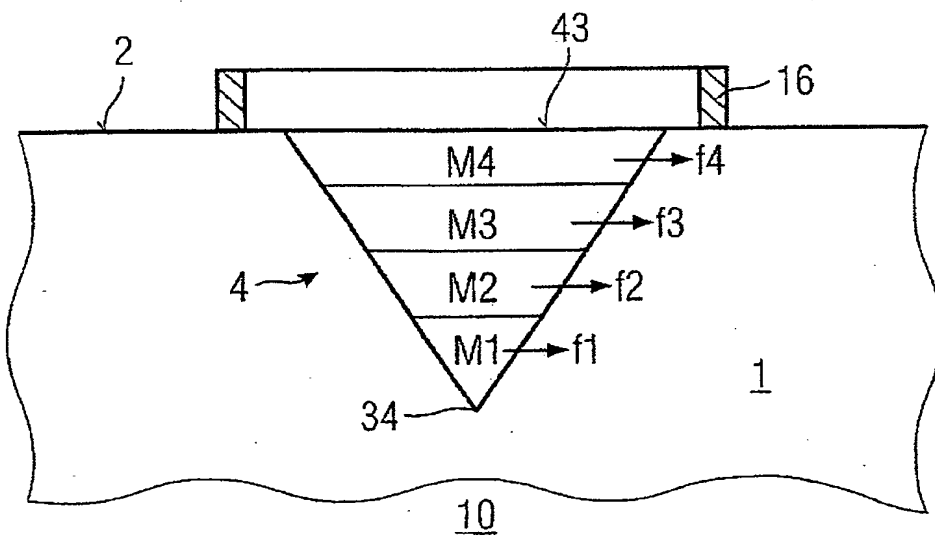
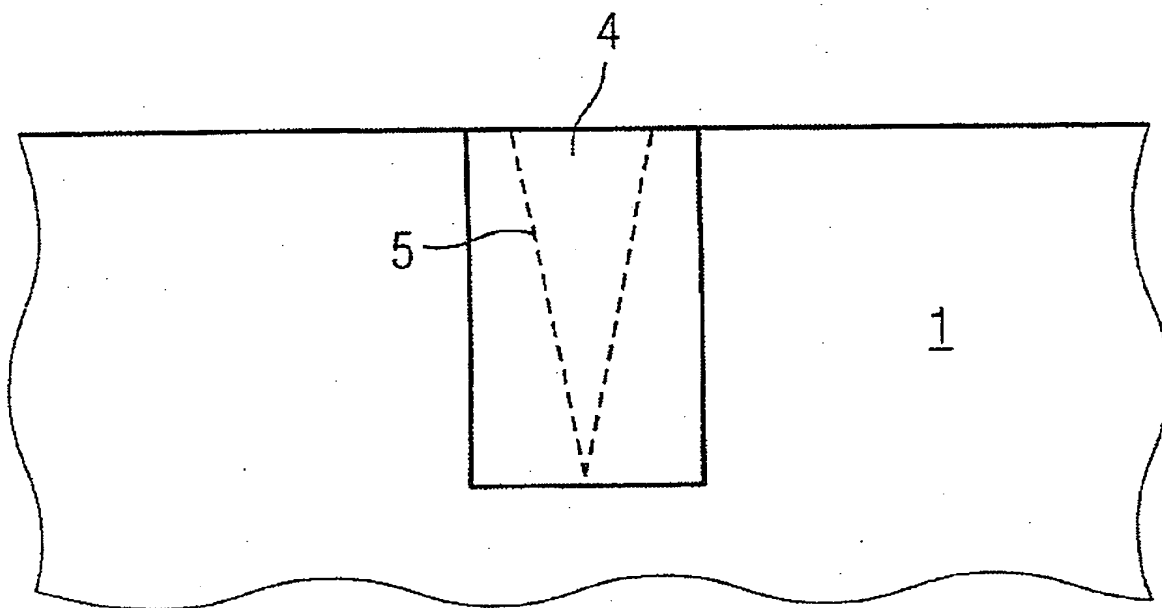




FIG 5



# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## **Prioritätsbescheinigung DE 102 59 361.2 über die Einreichung einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 59 361.2

**Anmeldetag:** 18. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zum Auffüllen  
von Materialtrennungen an einer Oberfläche

**IPC:** C 25 D 5/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der Teile der am 18. Dezember 2002 eingereichten Unterlagen dieser Patentanmeldung unabhängig von gegebenenfalls durch das Kopierverfahren bedingten Farbabweichungen.

München, den 09. Juni 2008  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Riestler

Verfahren und Vorrichtung zum Auffüllen von Materialtrennungen an einer Oberfläche

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auffüllen von Materialtrennungen gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 18.

Materialtrennungen an einer inneren und/oder äußeren Oberfläche eines Bauteils - bspw. bestehend aus einem Substrat oder einer Schicht-, wie z. B. Risse, Bohrungen oder fertigungsbedingte, betriebsbedingte Einkerbungen müssen oft durch Schweiß- oder Lötprozesse wieder geschlossen werden. Bei diesen Verfahren werden hohe Temperaturen in der Umgebung der aufzufüllenden Materialtrennung eingesetzt, so dass es zu thermischen Spannungen in dem Substrat/der Schicht eines Bauteils kommt, die zu Rissen führen können. Das Material, das bei den Schweiß- oder Lötprozessen eingesetzt wird, um die Materialtrennung aufzufüllen, hat oft eine stark verminderte mechanische Festigkeit gegenüber dem Material des Substrates, wodurch die Reparaturfähigkeit des Bauteils begrenzt ist.

Daher ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auffüllen von Materialtrennungen anzugeben, bei dem oben genannte Nachteile überwunden werden.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß dem Anspruch 1 bzw. 18 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der Vorrichtung sind in den Unteransprüchen aufgelistet.

Ausführungsbeispiele sind in den Figuren gezeigt.

Es zeigen

Figur 1 eine Vorrichtung, mit dem das erfindungsgemäße Ver-  
5 fahren durchgeführt wird.

Figur 2 einen Riss, der schrittweise aufgefüllt wird und

Figur 3 einen Zeitverlauf eines Stroms zwischen Substrat und  
Elektrode,

Figur 4 einen weiteren Zeitverlauf eines Stroms zwischen  
10 Substrat und Elektrode, und

Figur 5 eine erweiterte Materialtrennung.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 40, mit der  
15 das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird.

In einem elektrolytischen Prozess bei niedrigen Temperaturen,  
bspw. kleiner als 100°C, wird Material in eine Materialtren-  
nung 4 eines Substrates 1 oder einer Schicht 1, die sich von  
einer Oberfläche 2 erstreckt, eingebracht.

20

Das Substrat 1 mit seiner Materialtrennung 4 ist elektrisch  
mit einer Elektrode 7 verbunden, die zusammen in einem Elek-  
trolyten 10, der sich in einem Behälter 46 befindet, angeord-  
net sind. Zwischen der Elektrode 7 und dem Substrat 1 ist  
eine elektrische Spannungsquelle 25 vorhanden, so dass ein  
elektrischer Strom fließen kann.

Der Elektrolyt 10 enthält das Material, das in die  
Materialtrennung 4 eingebracht wird. Der Elektrolyt 10 kann  
in seiner Lösung Bestandteile der Zusammensetzung des Sub-  
30 strates 1 in Form von Partikeln und/oder Ionen aufweisen.

Der Prozess des erfindungsgemäßen Verfahrens kann bei Raum-  
temperatur oder niedrigen Temperaturen ablaufen, so dass vor  
der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens das Substrat  
35 1 an den Stellen, bei denen keine Beschichtung erwünscht ist,  
auf einfache Art und Weise eine geeignete Maskierung (Wachse,

Polymere) aufgebracht und gegen eine Beschichtung geschützt werden kann.

5 Durch die Verwendung eines zeitlich veränderlichen Stromflusses wird eine gezielte Abscheidung der Bestandteile, bspw. einer Legierung, aus dem Elektrolyten 10 in die Materialtrennung 4 des Bauteils 1 erfolgen.

10 Durch bspw. nachfolgende Wärmebehandlung können notwendige Werkstoffeigenschaften eingestellt werden, wie es z. B. bei Nickel- und Kobaltbasierten Superlegierungen für Turbinenschaufeln notwendig ist, um die gewünschten  $\gamma$ - $\gamma'$  Ausscheidungen zu erhalten oder um eine Phasenänderung oder -einstellung zu erreichen.

15 Durch das Abscheiden von artähnlichen oder artgleichem Material des Substrats 1 in Form von Partikeln und/oder Ionen wird eine wesentlich bessere Festigkeit erreicht als mit Löt- oder Schweißprozessen, da dort durch die Löt- bzw. Schweißzusätze substratfremde Bestandteile in die Materialtrennung 4  
20 eindringen. Dies ist bei der elektrolytischen Abscheidung nicht der Fall.

Hier kann Material des Substrats 1 oder der Schicht 1 oder Material, das vergleichbare Eigenschaften aufweist, verwendet werden.

Der Abscheideprozess in der Materialtrennung 4 kann optional durch eine zusätzliche Ultraschallanregung mittels zumindest einer Ultraschallsonde 19, die durch eine Ultraschallquelle 22 betrieben wird, in dem Elektrolyt 10 verbessert werden.

30 Durch die Ultraschallanregung findet u.a. eine ständige Durchmischung des Elektrolyten 10 statt, so dass es zu keinen Inhomogenitäten im Elektrolyten 10 und seiner Bestandteile kommt. Weiterhin werden poröse Teile durch die Wirkung der Ultraschallwellen von einer Schicht, die durch das auffüllende Material gebildet wird, kavitativ gelöst.  
35

Eine weitere Verbesserung des Verfahrens kann vorzugsweise durch die Verwendung von gepulsten Strömen erzielt werden.

Weiterhin kann das Verfahren verbessert werden, indem eine  
5 Wirbelstromsonde 16 im Bereich der Materialtrennung 4 angeordnet ist, beispielsweise aufgelegt wird, die ein entsprechendes Wechselwirkungsvolumen 28 in dem Substrat 1 um die Materialtrennung 4 erzeugt, d.h. das Wechselwirkungsvolumen 28 ist mechanisch erregt, d. h. Schwingungen im Substrat 1  
10 erzeugt.

Die Wirbelstromsonde 16 umschließt bspw. die Öffnung 43 der  
Materialtrennung 4 an der Oberfläche 2 zum Elektrolyten 10 hin, deckt sie aber nicht ab. Die Wirbelstromsonde 16 wird durch einen steuerbaren Wirbelstromgenerator 13 betrieben.

15 Die Eindringtiefe  $\delta$ , d.h. die Tiefe bis zu der sich von der Oberfläche 2 in das Substrat 1 hinein das Wechselwirkungsvolumen 28 erstreckt, ist gegeben durch folgende Formel:

$$\delta = \frac{503}{\sqrt{f\sigma\mu_r}}$$

20 wobei f die Frequenz des Wirbelstromes,  $\sigma$  die Leitfähigkeit des Substrates 1 und  $\mu_r$  die Permeabilitätskonstante des Substrats/Schicht 1 ist.

25 Durch die Frequenz f ist also die Eindringtiefe  $\delta$  und das Wechselwirkungsvolumen 28 einstellbar.

Figur 2 zeigt, wie eine Materialtrennung 4 eines Substrates 1  
30 verbessert aufgefüllt werden kann.

Zuerst wird ein Bereich M1 im Bereich des Rissendes 34 mitumfasst, indem die Frequenz f1 passend gewählt wird, so dass das Wechselwirkungsvolumen 28 den Bereich M1 umfasst, während  
35 dessen M1 aufgefüllt wird.



In einem zweiten Schritt wird ein zweiter Bereich M2 mit Material aufgefüllt, wobei die Frequenz  $f_2$  so verändert wird, dass das Wechselwirkungsvolumen 28 nur bis zu dem vorher aufgefüllten Bereich M1 reicht oder ggf. nur noch teilweise umfasst.

Durch ständige Erhöhung der Frequenz ( $f_3, f_4, \dots$ ) werden weitere Bereiche M3, M4 .. bis zu einer Oberfläche 2 mit Material aufgefüllt.

Natürlich ist auch eine kontinuierliche Anpassung der Frequenz  $f$  an die restliche Tiefe der Materialtrennung möglich.

Bei Berücksichtigung der veränderten Leitfähigkeit im Wechselwirkungsvolumen 28 ist eine Selbstregelung des Prozesses möglich, weil das auffüllende Material in der Materialtrennung 4 die Leitfähigkeit des Substrats 1 im Wechselwirkungsvolumen 28 verändert, welches gemessen wird und zur Regelung verwendet wird.

Figur 3 zeigt einen zeitlichen Verlauf des Stroms der Spannungsquelle 25. Dieser kann aus gepulsten oder zeitlich veränderten Strömen gebildet werden und kann periodisch wiederholt werden.

Der Strom setzt sich hauptsächlich aus kathodischen (Substrat 1) Anteilen und auch aus anodischen Anteilen (Elektrode 7) zusammen. Die Pulsdauer  $t_{on}$ , während der ein Strom  $I$  fließt, die Pause  $t_{off}$  zwischen den Pulsen 40 sowie eine maximale Höhe des Stroms  $I_{max}$  können variiert werden. Ebenso ist es möglich, die Form 37 des Stromsignals zu verändern. Alle Parameter ( $I_{max}$ ,  $t_{off}$ ,  $t_{on}$ , ...) können eine Funktion der Zeit sein und periodisch wiederholt werden, um das Verfahren zu optimieren.

Eine Legierung (bspw. NiAl) wird dadurch abgeschieden, indem die einzelnen Bestandteile wechselweise verstärkt abgeschieden werden. Für jeden einzelnen Legierungsbestandteil Ni, Al gibt es bspw. verschiedene optimale Parameter ( $I_{max}$ ,  $t_{off}$ ,  $t_{on}$ , ...), so dass z.B. ein erster Strompuls 40 optimal ist für das Element Nickel (Ion im Elektrolyten 10) und der zweite

darauffolgende Strompulse 40 für Aluminium. Auch bei dem auf das eine Element abgestimmten Strompuls erfolgt eine, wenn auch schlechtere Abscheidung, des anderen Elements.

Die Pulse werden ständig wiederholt, so dass eine optimale Durchmischung der Bestandteile der Legierung erfolgt.  
5 Durch die Pulsdauer kann der Gewichtsanteil eines Legierungsbestandteil in der Materialtrennung eingestellt werden.

Figur 4 zeigt eine beispielhafte Aneinanderreihung von Strompulsen 40, die sich wiederholen.

Eine Sequenz 34 besteht aus zumindest zwei Blöcken 77. Jeder Block 77 besteht aus zumindest einem Strompuls 40.

Ein Strompuls 40 ist charakterisiert durch seine Dauer  $t_{on}$ , die Höhe  $I_{max}$  und seine Form 37 (Rechteck, Dreieck, ...).

15 Ebenso wichtig als Prozessparameter sind die Pausen zwischen den einzelnen Strompulsen 40 ( $t_{off}$ ) und die Pausen zwischen den Blöcken 77.

Die Sequenz 34 besteht bspw. aus einem ersten Block 77 mit drei Strompulsen 40, zwischen denen wiederum eine Pause stattfindet. Darauf folgt ein zweiter Block 77, der eine größere Stromhöhe aufweist und aus sechs Strompulsen 40 besteht. Nach einer weiteren Pause folgen vier Strompulse 40 in umgekehrter Richtung, d.h. mit geänderter Polarität.

Als Abschluss der Sequenz 34 folgt ein weiterer Block 77 mit vier Strompulsen.

Die Sequenz kann mehrfach wiederholt werden.

30 Die Einzelpulszeiten  $t_{on}$  betragen vorzugsweise größenordnungsmäßig etwa 1 bis 10 Millisekunden. Die zeitliche Dauer des Blocks 77 liegt in der Größenordnung bis zu 10 Sekunden, so dass bis zu 500 Pulse in einem Block 77 ausgesendet werden.

35

Die Belegung sowohl während der Pulsabfolgen als auch in der Pausenzeit mit einem geringen Potential (Basisstrom) ist

optional möglich. Somit wird eine Unterbrechung der Elektroabscheidung, die Inhomogenitäten verursachen kann, vermieden.

Ein Block 77 ist mit seinen Parametern auf ein Bestandteil einer Legierung abgestimmt, die bspw. abgeschieden werden soll, um die beste Abscheidung dieses Bestandteils zu erreichen. Diese können in Einzelversuchen bestimmt werden.

Beispielsweise durch die Dauer der einzelnen Blöcke 77 kann der Anteil der Bestandteile der Legierung in der aufzubringenden Schicht festgelegt werden, um bspw. Gradienten in der Schicht zu erzeugen. Dies geschieht dadurch, dass die Dauer des Blocks 77, der auf einen Bestandteil der Legierung optimal abgestimmt ist, entsprechend verlängert oder verkürzt wird.

Figur 5 zeigt eine erweiterte Materialtrennung 4.

Um die Abscheidung zu verbessern, wird die Materialtrennung 4 vor dem Auffüllen erweitert. Dies kann durch Bohren, Erodieren, oder andere Verfahren geschehen, um bspw. den Durchmesser zu vergrößern.

Die gestrichelte Linie zeigt die Materialtrennung 4 vor der Erweiterung.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Auffüllen von Materialtrennungen an einer  
Oberfläche eines Substrats oder einer Schicht,  
5        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,        dass

die Materialtrennung (4) in einem ersten Verfahrensschritt  
elektrolytisch aufgefüllt wird.

10

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
15        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,        dass

das Substrat (1) oder die Schicht (1) mit einer Elektrode  
(7) elektrisch verbunden ist,  
wobei Substrat oder Schicht (1) und Elektrode in einem  
Elektrolyten (10) angeordnet sind, und  
dass ein Strom zwischen Substrat (1) und Elektrode (7)  
zeitlich veränderlich ist.

20

3. Verfahren nach Anspruch 2,  
25        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,        dass

der Strom gepulst wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,  
30        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,        dass

der Strom mit seinen Parametern maximale Stromhöhe ( $I_{\max}$ ),  
Pulspause ( $t_{\text{off}}$ ) und Pulsdauer ( $t_{\text{on}}$ ) und Pulsform (37) an  
den Elektrolyten (10) angepasst wird.

35

5. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

eine oder mehrere Wirbelstromsonden (13) im Bereich der  
Materialtrennung (4) verwendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

zumindest eine Ultraschallsonde (19) in dem Elektrolyten  
(10) betrieben wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

die Frequenz (f) der Wirbelstromsonde (16) während des  
Verfahrens verändert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

die Frequenz (f) an die Tiefe der Materialtrennung (4)  
angepasst wird.

9. Verfahren nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

der Elektrolyt (10) artgleiches oder artähnliches Material  
des Substrats (1) oder der Schicht (1) aufweist.

10

10. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5

die Materialtrennung (4) in einem ersten  
Verfahrensschritt erweitert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

10

zum elektrolytischen Abscheiden ein Strom/Spannungspuls  
(40) verwendet wird,  
wobei sowohl positive als auch negative  
Strom/Spannungspulse (40) verwendet werden.

15

12. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

20

für das elektrolytische Abscheiden wiederholt mehrere  
Strom/Spannungspulse (40) verwendet werden,  
die in einer Sequenz (34) zusammengefasst sind,  
wobei die Sequenz (34) von zumindest zwei verschiedenen  
Blöcken (77) verwendet wird,  
wobei ein Block (77) aus zumindest einem Strompuls (40)  
besteht.

30

13. Verfahren nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass

ein Block (77) bestimmt ist durch eine Anzahl von  
Strompulsen (40), Pulsdauer ( $t_{on}$ ), Pulspause ( $t_{off}$ ),  
Stromhöhe ( $I_{max}$ ) und Pulsform (37).

35

14. Verfahren nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Block (77) jeweils auf einen Bestandteil einer  
Legierung abgestimmt ist,  
um die Abscheidung des Bestandteils der Legierung zu  
verstärken.

15. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eine Legierung der Art MCrAlY abgeschieden wird,  
wobei M ein Element der Gruppe Eisen, Kobalt oder Nickel  
ist.

16. Verfahren nach Anspruch 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
Gradienten in der Materialzusammensetzung innerhalb der  
Materialtrennung (4) erzeugt werden.

17. Verfahren nach Anspruch 3 oder 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Basisstrom den Strompulsen (40) und/oder den Pausen  
überlagert ist.

18. Vorrichtung zum Auffüllen von Materialtrennungen an  
einer Oberfläche eines Substrats oder einer Schicht,

dadurch gekennzeichnet, dass  
die Vorrichtung (40) aus

12

einem Behälter 46 mit einem Elektrolyten (10),  
einer Spannungsquelle (25) und  
zumindest einer Elektrode (7) besteht.

5

19. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Vorrichtung (40) zumindest eine Wirbelstromsonde  
(16) aufweist,  
die auf dem Substrat (1) oder Schicht (1) auflegbar ist.

10

20. Vorrichtung nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass
- die Vorrichtung (40) zumindest eine Ultraschallsonde  
(19) aufweist,  
die im Elektrolyten (10) angeordnet ist.

15



## Bezugszeichenliste

	1	Substrat
	2	Materialtrennung
5	6	Elektrode
	8	Maskierung
	10	Elektrolyt
	13	Wirbelstromgenerator
	14	Wirbelstromsonde
10	15	Ultraschallsonde
	16	Ultraschallquelle
	17	Spannungsquelle
	18	Wechselwirkungsvolumen
	19	Außenseite
15	37	Strompulsform
	40	Vorrichtung

## Zusammenfassung

- 5 Verfahren und Vorrichtung zum Auffüllen von Materialtrennungen an der Oberfläche

Bei bekannten Prozessen nach dem Stand der Technik, die benutzt werden, um Materialtrennungen aufzufüllen, wird das  
10 Substrat oft durch hohe Prozesstemperaturen und durch artfremde Zusatzstoffe negativ beeinflusst.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, das bei niedrigen Temperaturen stattfindet und ein vollständiges Auffüllen der Materialtrennung (4) ohne artfremde Stoffe ermöglicht, wird dieser  
15 Nachteil beseitigt.

Figur 1

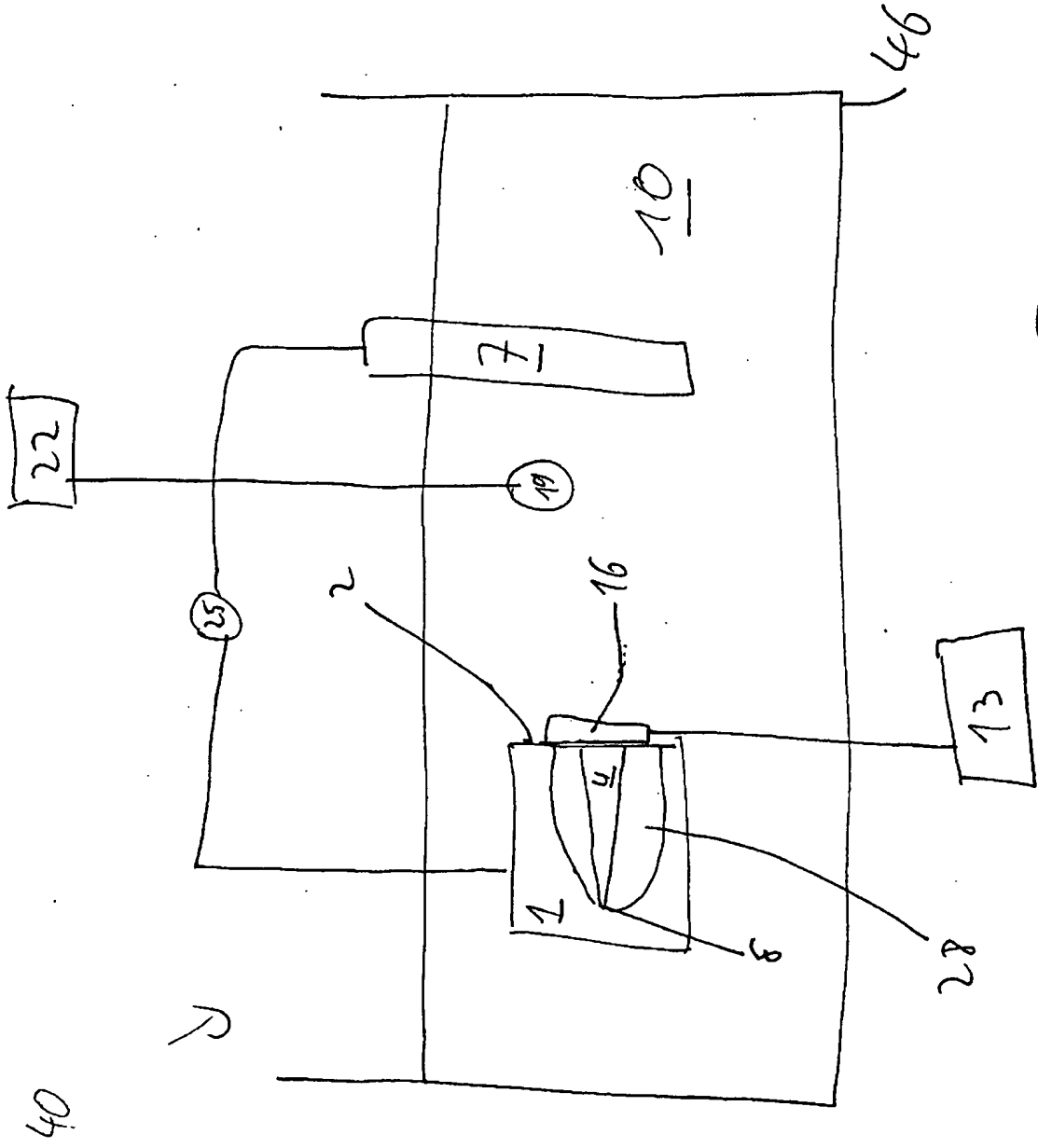


Fig 1

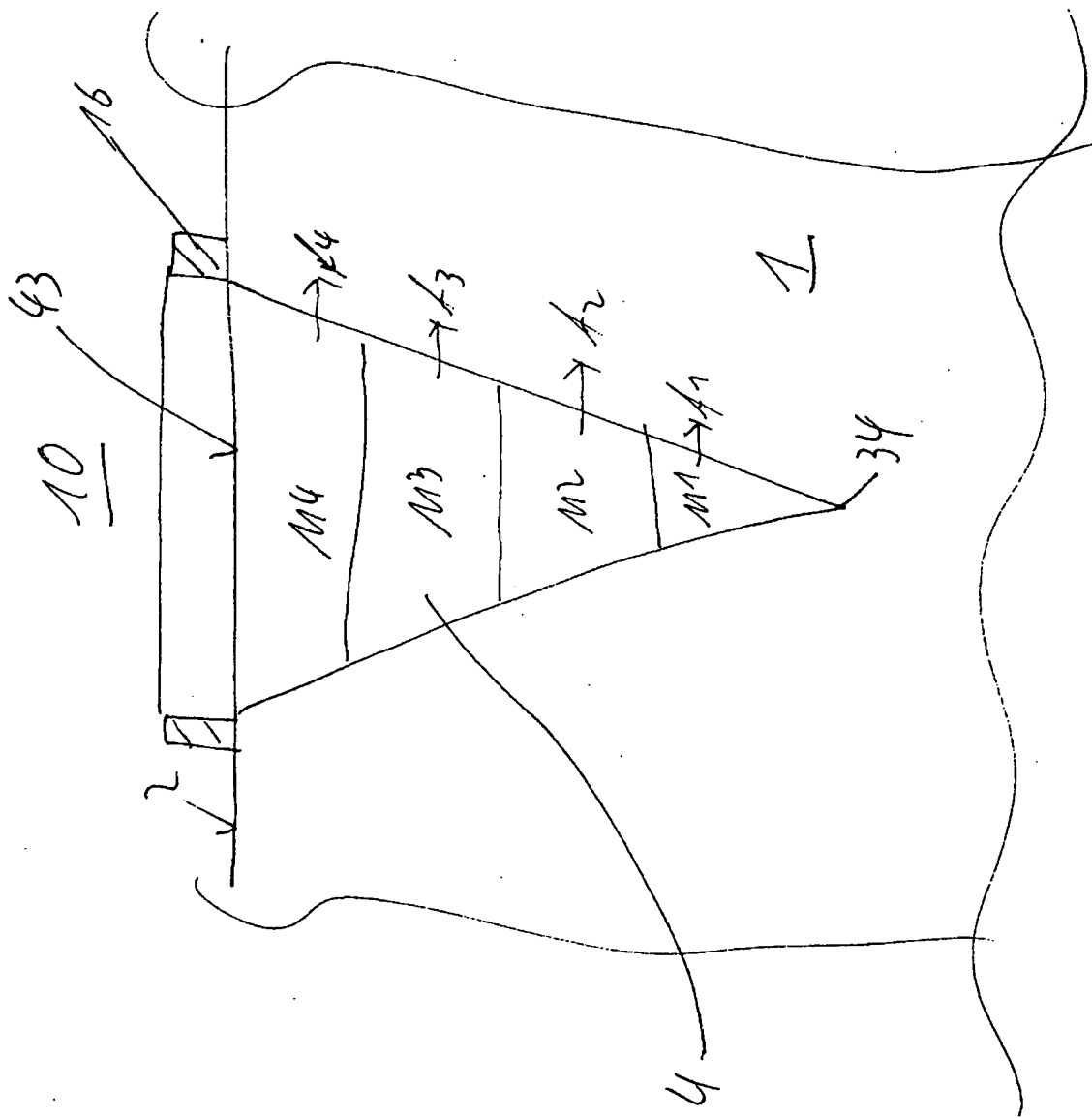


Fig 2

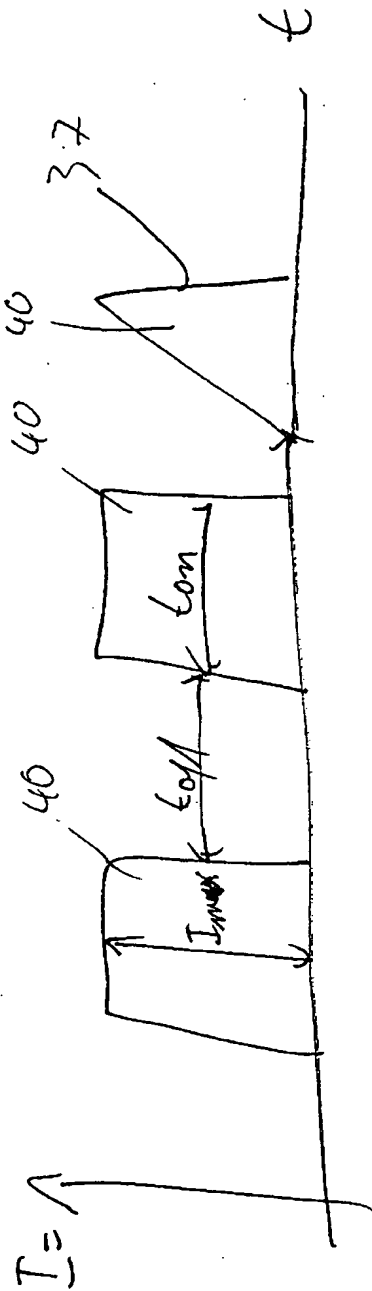


Fig 3



20020647d

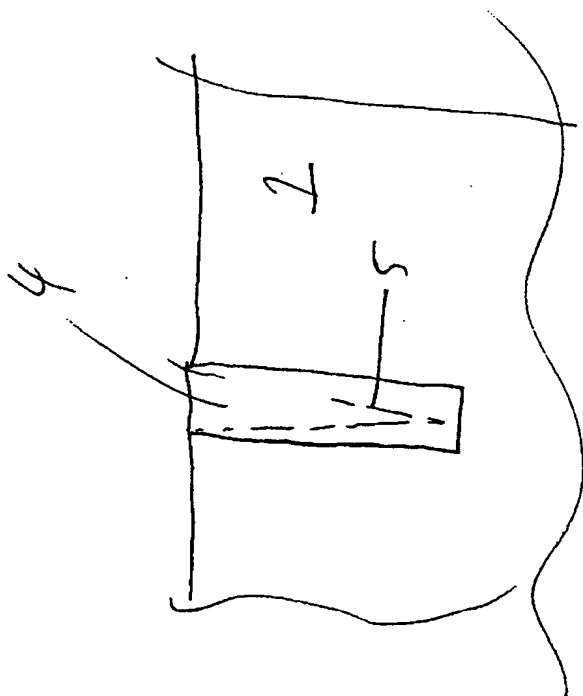


Fig 5